



TITLE:

電場中の粒子帯電に伴う凝集・浮揚・分散に関する研究(
Abstract_要旨)

AUTHOR(S):

庄山, 瑞季

CITATION:

庄山, 瑞季. 電場中の粒子帯電に伴う凝集・浮揚・分散に関する研究. 京都大学, 2020, 博士(工学)

ISSUE DATE:

2020-03-23

URL:

<https://doi.org/10.14989/doctor.k22413>

RIGHT:

京都大学	博士（工学）	氏名	庄 山 瑞 季
論文題目	電場内の粒子帯電に伴う凝集・浮揚・分散に関する研究		
<p>（論文内容の要旨）</p> <p>本論文は、気相中に積層する粒子の帯電および移動を非接触で同時制御する技術を確認するため、電場内の帯電現象に基づく粒子の凝集、浮揚、分散の各機構の解明および応用技術の提案を目的として研究を行ったものであり、全 8 章で構成されている。</p> <p>第 1 章は序論であり、粒子の帯電および電場による帯電粒子の運動・制御に関する既往の研究を紹介している。また、本研究の目的と研究の位置づけを示している。特に、気相中で粒子層を構成する粒子の帯電、浮揚、挙動を外部電場によって非接触で同時制御する技術の必要性を説明している。</p> <p>第 2 章では、電極上の粒子が接触帯電および誘導帯電によって保持し得る電荷の理論式、および電場中を移動する帯電粒子の並進と回転の運動方程式を単一粒子、凝集粒子に対して構築するとともに、導電体または誘電体と接する粒子に作用する力の均衡を定式化している。</p> <p>第 3 章では、平行平板電極間一様電場において、下部電極から単一粒子を浮揚させる実験を行い、上部電極への衝突・付着・分離に及ぼす粒子の電氣的・物理的特性および電界強度の影響を解析し、単一粒子の帯電過程と運動機構を解明している。また、上部電極を粒子が通過可能な網状電極に変更することにより、電極近傍に形成された不平等電場に起因して電極の上側に付着した粒子は逆極性に帯電し、上部空間に再浮揚することを見い出している。</p> <p>第 4 章では、下部電極上の積層粒子に電場を印加する実験を行い、粒子層内の電荷移動と最上層の粒子帯電、および粒子層の鎖状隆起と凝集粒子の浮揚を実現している。また、有限要素法による電場の数値計算と浮揚粒子の運動軌跡の解析によって粒子の表面電荷を求め、電極上から浮揚する単一粒子との比較を行っている。さらに、浮揚限界分離力を求め、粒子の帯電と粒子層表面における鎖状凝集機構を解明している。</p> <p>第 5 章では、上部網状電極を通過後、回転しながら分散する凝集粒子の運動を解析している。不平等電場中を浮揚する凝集粒子の位置と角度の実測値を用いて、凝集粒子内の電荷分布と各構成粒子の分極によるモーメントと遠心力、ならびに構成粒子間に作用する付着力とクーロン反発力を理論解析し、凝集粒子の分散機構を解明している。</p> <p>第 6 章では、積層粒子の電氣的・物理的特性および電界強度をパラメータとして粒子の浮揚実験を行い、浮揚した凝集粒子の大きさと存在確率を評価している。また、積層粒子の表面電荷を考慮した三次元電場解析、電場に及ぼす粒子層内の電荷分布の影響の評価、ならびに凝集粒子に作用する力の解析によって、粒子の浮揚に寄与する支配因子および浮揚機構を解明している。</p>			

京都大学	博士（工学）	氏名	庄 山 瑞 季
<p>第 7 章では、本技術の応用として振動と電場を併用し、連続して粒子を帯電・浮揚・分散させる実験を行っている。電極間および上部電極上方の電界強度を考慮のうえ、各電極から浮揚する粒子の高さ分布を求めるとともに、粒子の電荷と運動過程を理論解析し、新しい連続分散供給法を提案している。</p> <p>第 8 章は結論であり、本研究で得られた成果を要約している。</p>			

(論文審査の結果の要旨)

本論文は、気相中に積層する粒子の帯電および移動を非接触で同時制御する技術を確立するため、電場内の帯電現象に基づく粒子の凝集、浮揚、分散の各機構の解明および応用技術の提案を目的として研究を行ったものであり、得られた成果は次のとおりである。

1. 電極上の粒子が接触帯電および誘導帯電によって保持し得る電荷の理論式、および電場中を移動する帯電粒子の並進と回転の運動方程式を単一粒子、凝集粒子に対して構築するとともに、導電体または誘電体と接する粒子に作用する力の均衡を定式化した。
2. 平行平板電極間一様電場において、下部電極から単一粒子を浮揚させる実験を行い、上部電極への衝突・付着・分離に及ぼす粒子の電氣的・物理的特性および電界強度の影響を解析し、単一粒子の帯電過程と運動機構を解明した。上部電極を粒子が通過可能な網状電極に変更することにより、不平等電場に起因して電極の上側に付着した粒子は逆極性に帯電し、上部空間に再浮揚することを見出した。また、下部電極上の積層粒子に電場を印加し、粒子層内で電荷を移動させると最上層の粒子帯電が可能となり、粒子層の鎖状隆起と凝集粒子の浮揚を実現した。
3. 三次元有限要素法による電場の数値計算と浮揚粒子の運動軌跡の解析によって、粒子の表面電荷と浮揚限界分離力を求め、粒子の帯電と粒子層表面における鎖状凝集機構を解明した。また、粒子層内の電荷分布が電場に及ぼす影響の評価ならびに凝集粒子に作用する力の解析によって、粒子の浮揚に寄与する支配因子および浮揚機構を解明した。さらに、不平等電場中を浮揚する凝集粒子の位置と角度の実測値を用いて、帯電と分極によるモーメントと遠心力を理論解析し、凝集粒子の分散機構を解明した。
4. 本技術の応用として、振動と電場を併用し、連続して粒子を帯電・浮揚・分散させる実験を行い、電極間および上部電極上方の電界強度を考慮のうえ、各電極から浮揚する粒子の高さ分布を求めるとともに、粒子の電荷と運動過程を理論解析し、新しい連続分散供給法を提案した。

以上、本論文は電場による積層粒子の帯電と運動制御を可能にするものであり、学術上、實際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。また、令和 2 年 1 月 23 日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行って、申請者が博士後期課程学位取得基準を満たしていることを確認し、合格と認めた。